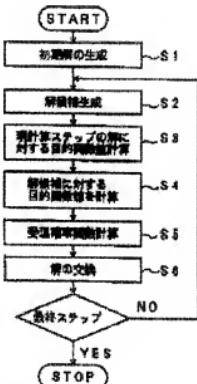


DEVICE AND METHOD FOR MULTIPURPOSE OPTIMIZATION AND STORAGE MEDIUM STORING MULTIPURPOSE OPTIMIZATION PROGRAM

Publication number: JP2000268018 (A)
 Publication date: 2000-09-29
 Inventor(s): YOSHIMURA KAZUYUKI; YAMADA TAKESHI; NAKANO RYOHEI
 Applicant(s): NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE
 Classification:
 - International: G06F15/18; G06N3/00; G06F15/18; G06N3/00; (IPC1-7): G06F15/18
 - European:
 Application number: JP19990070361 19990316
 Priority number(s): JP19990070361 19990316

Abstract of JP 2000268018 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a multipurpose optimization method capable of finding a satisfactory subordinate optimal solution closer to a Pareto optimal solution in a short time while using the repetition of changes for the better with integrated acceptance probability function for applying the acceptance probability of '1' in the case of changing all purpose function values for the better or applying an acceptance probability <1 in the other case to appropriately balance the acceptance probabilities of changes for the better and for the worse. **SOLUTION:** Concerning this multipurpose optimization method, initial solutions are generated at random on the basis of limit conditions, the solution of a present calculation step is stochastically exchanged to generate the next solution, plural purpose function values are calculated in respect to the solution in the present calculation step, plural purpose function values are calculated in respect to generated solution candidates, the acceptance probability function is calculated for applying the acceptance probability = 1 in the case of changing all the purpose function values for the better or for applying the acceptance probability < 1 in the other case, the solution candidate and the solution in the present calculation step are stochastically exchanged according to the acceptance probability function and series of operation are repeated.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(10)日本特許庁 (JP) (12) 公開特許公報 (A) (11)特許出願番号
特開2000-268018
(P2000-268018A)
(13)公開日 平成12年9月29日 (2000.9.29)

(51)Int.Cl. G 06 F 15/18	機別記号 550	P I C 06 F 15/18	特(?) ^{1)*} (参考) S 60 C
-----------------------------	-------------	---------------------	------------------------------------

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全12頁)

(21)出願番号 特願平11-70361	(71)出願人 000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(22)出願日 平成11年3月16日 (1999.3.16)	(72)発明者 吉村 和之 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
	(72)発明者 山田 武士 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
	(72)発明者 中野 康平 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
	(74)代理人 100070150 弁理士 伊東 忠彦

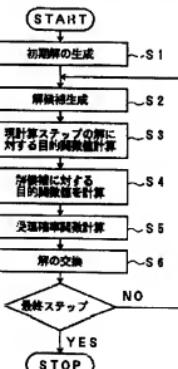
(54)【発明の名称】 多目的最適化方法及び装置及び多目的最適化プログラムを格納した記憶媒体

(57)【要約】

【課題】 改善と改悪の受理確率間の適切なバランスを実現するように、すべての目的関数値が改善される場合に、受理確率1、それ以外の場合には1未満の受理確率を与える受理確率間数を組み込んだ反復改善法により、短時間にフレート最適化により近い良質な準最適解を求めることができる多目的最適化方法及び装置及び多目的最適化プログラムを格納した記憶媒体を提供する。

【解決手段】 本発明は、制約条件に基づいてランダムに初期解を生成し、現計算ステップの解を確率的に変化させ、次の候補を生成し、現計算ステップの解に対して複数の目的関数値を計算し、生成された候補に対する複数の目的関数値を計算し、全ての目的関数値が改善される場合に、受理確率=1、それ以外の場合には1未満の受理確率を与える受理確率間数を計算し、受理確率間数に従い、候補と現計算ステップの解の交換を確率的に行い、一連の操作を反復する。

本発明の原理を説明するための図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 多目的最適化問題の準最適解を求める多目的最適化方法において、制約条件に基づいてランダムに初期解を生成し、現計算ステップの解を確率的に変化させ、次の解候補を生成し、前記現計算ステップの解に対して複数の目的関数値を計算し、生成された解候補に対して複数の目的関数値を計算し、全ての前記目的関数値が改善される場合に、受理確率＝1、それ以外の場合には1未満の受理確率を与える受理確率閾値を計算し、前記受理確率閾値に従い、解候補と前記現計算ステップの解の交換を確率的に行い、一連の操作を反復することを特徴とする多目的最適化方法。

【請求項2】 多目的最適化問題の準最適解を求める多目的最適化装置であって、制約条件に基づいてランダムに初期解を生成する初期解生成手段と、現計算ステップの解を確率的に変化させ、次の解候補を生成する解候補生成手段と、前記現計算ステップの解と、前記解候補に対して複数の目的関数値を計算する目的関数計算手段と、全ての目的関数値が改善される場合に、受理確率＝1、それ以外の場合には1未満の受理確率を与える受理確率閾値を受理確率計算手段と、前記受理確率閾値に従い、前記解候補と、前記現計算ステップの解の交換を確率的に行う解交換手段と、一連の操作を反復する反復手段とを有することを特徴とする多目的最適化装置。

【請求項3】 多目的最適化問題の準最適解を求める多目的最適化プログラムを格納した記憶媒体であって、制約条件に基づいてランダムに初期解を生成する初期解生成プロセスと、現計算ステップの解を確率的に変化させ、次の解候補を生成する解候補生成プロセスと、前記現計算ステップの解と、前記解候補に対して複数の目的関数値を計算する目的関数計算プロセスと、全ての目的関数値が改善される場合に、受理確率＝1、それ以外の場合には1未満の受理確率を与える受理確率閾値を受理確率計算プロセスと、前記受理確率閾値に従い、前記解候補と、前記現計算ステップの解の交換を確率的に行う解交換プロセスと、一連の操作を反復する反復プロセスとを有することを特徴とする多目的最適化プログラムを格納した記憶媒体。

【列明の詳細な説明】

【0001】

【列明の属する技術分野】 本発明は、多目的最適化方法及び装置及び多目的最適化プログラムを格納した記憶媒

体に係り、特に、多目的最適化問題において、パレート最適解により近い良質な準最適解を求める為の多目的最適化方法及び装置及び多目的最適化プログラムを格納した記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 多目的最適化問題とは、 X を実行可能な解の集合、 $P \in X$ を実行可能な解としたとき、解 P に対応して値の定まる N 個の互いに競合する目的関数 f_i

$i = (P), (i = 1, 2, \dots, N)$ それぞれを最小化する問題である。即ち、
 $\text{minimize } f_1(P), f_2(P), \dots, f_N(P)$
 $\text{subject to } P \in X$

と定式化される問題である。

【0003】 多目的最適化問題においては、複数の目的関数を同時に最小化することは一般には不可能であるため、最良の解という概念は存在しない。代わりに、ある目的関数の値を改善するためには少なくとも他の一つの目的関数の値を改善せざるを得ない解として、パレート最適解の概念が定義される。定義： $P^* \in X$ に対して、 $f_i(P) \leq f_i(P^*)$, $i = 1, 2, \dots, N$ であり、しかも、ある J について $f_j(P) < f_j(P^*)$ となるような P が存在しないとき、 P^* をパレート最適解と呼ぶ。

【0004】 目的関数の数が $N = 2$ のときは例として、パレート最適解の集合を $f_1 - f_2$ 平面上に図示すると、図9の太線部分となる。ここで、
 $F(X) = \{(f_1(P), f_2(P)) \mid P \in X\}$

は、 $f_1 - f_2$ 平面における実行可能領域である。多目的最適化に関する更なる記述は、例えば、文獻「遺伝的アルゴリズム」坂和正敏・田中雅博（朝倉書店）に見ることができる。

【0005】 以下に、従来の多目的最適化方法について説明する。

1. 反復改善法：一般的の最適化問題（単目的、多目的とも含む）の近似解法として、以下に述べる反復改善法が知られている。

・反復改善法の手順：

① ステップ値 $n = 0$ とする。初期値 P_0 を生成し、これを現ステップの解とする ($P_n = P_0$)。目的関数値 $f_1(P_0), f_2(P_0), \dots, f_N(P_0)$ を計算する。

【0006】 ② 現ステップの解 P_n に変更を加えて、次ステップの解の候補

【0007】

【数1】

$$\bar{P}_{n+1}$$

【0008】 を生成し、その目的関数値

【0009】

【数2】

$$f_1(\bar{P}_{n+1}), f_2(\bar{P}_{n+1}), \dots, f_N(\bar{P}_{n+1})$$

【0010】を計算する。

④ P_n と

【0011】

【数3】

 \bar{P}_{n+1}

$$f_1(\bar{P}_{n+1}), f_2(\bar{P}_{n+1}), \dots, f_N(\bar{P}_{n+1})$$

【0014】を計算し、受理確率関数を用いて、解候補

【0015】

【数5】

 \bar{P}_{n+1}

【0016】の受理確率を計算する。

④ 前述の④で計算された受理確率に従い、解候補

【0017】

【数6】

 \bar{P}_{n+1}

【0018】を受理するか棄却するかを判定する。解候補を受理する場合は、

【0019】

【数7】

$$P_{n+1} = \bar{P}_{n+1}$$

【0020】とし、解の更新を行う。棄却の場合は、 $P_{n+1} = P_n$ とし、解の更新は行わない。④ 終了条件を満たしていれば、計算により求まった全ての解の集合(P_n)より、パレート最適解を選択し、それらを出力して計算終了し、そうでなければ、ステップ値を1増加し、(n→n+1)、上記の④に移行する。【0021】上記反復改善法を実際に利用するには、④での受理確率関数を具体的に与えねばならない。具体的な受理確率関数として、以下に述べるメトロポリス法
[N. Metropolis, A. W. Rosenbluth, M. N. Rosenbluth, A. H. Teller, and E. Teller, 'Equation of state calculations by fast computing machines', Journal of C

$$Pr = \begin{cases} 1 \\ \exp[-\beta \Delta E] \end{cases}$$

【0032】但し、 β は、適当に定められるべき定数である。即ち、メトロポリス法では、解候補により解が改善されるときは、常に受理し、一方、改善されるときは、式(2)下段の確率でしか受理しないようとする。最適化問題を反復改善法により解く際に、解の改善($\Delta E \leq 0$)のみを許し、改善($\Delta E > 0$)を許さない場合には、探索空間内で限定された狭い範囲での探索しか行えないため、得られる解の質が悪い。従って、広い範囲の探索を行うために(2)式では、改善の場合にも受理する確率を与えている。一方で、改善の受理確率が改善の受理確率に比して、相対的に大き過ぎると、ランダム探索に近い状況となり、探索空間で広い範囲の探索ができるが、質の悪い解が頻繁に受理されることの結果として、良質の準最適解を短時間に得ることは困難となる。【0012】の目的関数値 $f_1(P_n), \dots, f_N(P_n)$ 及び

【0013】

【数4】

$$\text{Physical Physics, vol. 21, No. 6, pp. 1087-1092 (195}$$

3)】と重み係数法を組み合わせて構成されるものが広く用いられている。

【0022】2. メトロポリス法：メトロポリス法は、本来、単目的最適化問題に対する手法であるため、ここでは、唯一の目的関数をEで記述する。また、現ステップの解をP、次ステップの解候補を

【0023】

【数8】

 \bar{P}

【0024】で表す。解候補現ステップの解の関数値

【0025】

【数9】

$$E(\bar{P}), E(P)$$

【0026】の差を、

【0027】

【数10】

$$\Delta E = E(\bar{P}) - E(P) \quad (1)$$

【0028】で表す。メトロポリス法では、解候補

【0029】

【数11】

 \bar{P}

【0030】に対する受理確率関数 Pr を次式で与える。

【0031】

【数12】

$$\text{if } \Delta E \leq 0 \quad (2)$$

$$\text{if } \Delta E > 0$$

【0033】一般的に、反復改善法では、改善と悪化の受理確率間の適切なバランスをとることが、短時間に良質の準最適解を求めるためには、肝要である。メトロポリス法は、そのバランスの取り方の、一手法を与えていく。

3. 重み係数法：メトロポリス法は、単目的最適化手法であるため、多目的最適化問題に適用する際には、多目的最適化問題を単目的最適化問題の形に変換することが必要である。この目的のために、以下で述べる重み係数法がしばしば用いられる。

【0034】重み係数法では、複数の目的関数に対して、次式により関数Eを定義する。

【0035】

【数13】

$$E(P) = \sum_{i=1}^n w_i f_i(P) \quad (3)$$

【0036】但し、 $w_i \geq 0$ ($i = 1, 2, \dots, N$) は、重み定数であり、 $w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$ を満たすものとする。元の多目的最適化問題を、この関数 E を単一の目的関数として最小化する問題に変換する手法である。

【0037】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の重み係数法により多目的最適化問題を単目的化し、さらに、メトロポリス法と組み合わせて受理確率間数を構成した場合、改善と改悪の確率バランスが悪い、従つ

$$\Delta f_1 - f_1(P) - f_1(P), \Delta f_2 - f_2(\bar{P}) - f_2(P)$$

【0042】で表す。重み係数法を用いて、関数 E は次

$$E = w_1 f_1 + w_2 f_2$$

このとき、 $\Delta E = w_1 \Delta f_1 + w_2 \Delta f_2$ と表される。

受理確率間数は、

$$Pr = \begin{cases} 1 & \text{if } \Delta E \leq 0 \\ \exp[-\beta(w_1 \Delta f_1 + w_2 \Delta f_2)] & \text{if } \Delta E > 0 \end{cases} \quad (4)$$

て、短時間にパレート最適解により近い良質な準最適解を求めることが困難である。

【0038】以下に、目的関数の数が N = 2 の場合を例にとり、改善と改悪の確率バランスが悪いという点について説明する。あるステップの解 P と次ステップの解候補

【0039】

【数14】

\bar{P}

【0040】の目的関数値の差を、

【0041】

【数15】

【0044】となる。図 10 に、式 (5) で表される受理確率間数を $f_1 - f_2$ 平面上に図示する。現ステップの解 P を原点として、 Δf_1 軸と Δf_2 軸を描いてある。式 (5) で表される受理確率間数の等高線は、 $w_1 \Delta f_1 + w_2 \Delta f_2 = \text{const.}$ で与えられるので、直線となる。図 10 の斜めの直線群は、それら等高線を模範的に表している。ハッティングをしてある領域 ($\Delta E = w_1 \Delta f_1 + w_2 \Delta f_2 \leq 0$) が確率 1 で受理される領域を表す。

【0045】二目的最適化問題では、解候補

【0046】

【数17】

\bar{P}

【0047】について、 f_1, f_2 のうち片方は減少し、他方は増加する場合

【0048】

【数18】

(例えば、点 \bar{P}_A)

【0049】が、頻繁に起こりうる。このケースは、 f_1, f_2 の両者共に減少する場合。

【0050】

【数19】

(例えば、点 \bar{P}_B)

【0051】に比較して望ましくない。本来、これらのケース間では、受理確率に差を付けるのが自然であり、改悪と改悪の受理確率間の適切なバランスを実現するために重要な要素である。しかしながら、図 10 により分かるように、重み係数法とメトロポリス法の組み合わせによる受理確率間数 (5) 式では、両者ともに受理確率 1 であ

り、両ケース間に確率の差を与えることができない。

【0052】本発明は、上記の点に鑑みされたもので、改悪と改悪の受理確率間の適切なバランスを実現するよう、すべての目的関数値が改善される場合に、受理確率 1、それ以外の場合には 1 未満の受理確率を与える受理確率間数を組み込んだ反復改善法により、短時間にパレート最適解により近い良質な準最適解を求めることができる多目的最適化方法及び装置及び多目的最適化プログラムを構成した記憶媒体を提供することを目的とする。即ち、図 11 に示すような等高線を持つ受理確率間数を与えることを目的とする。

【0053】

【課題を解決するための手段】図 1 は、本発明の原理を説明するための図である。本発明（請求項 1）は、多目的最適化問題の準最適解を求める多目的最適化方法において、制約条件に基づいてランダムに初期解を生成し（ステップ 1）、現計算ステップの解を確率的に変化させ、次の解候補を生成し（ステップ 2）現計算ステップの解に対して複数の目的関数値を計算し（ステップ 3）、生成された解候補に対して複数の目的関数値を計算し（ステップ 4）、全ての目的関数値が改善される場合に、受理確率 = 1、それ以外の場合には 1 未満の受理確率を与える受理確率間数を計算し（ステップ 5）、受理確率間数に従い、解候補と現計算ステップの解の交換を確率的に行い（ステップ 6）、一連の操作を反復する。

【0054】図 2 は、本発明の原理構成図である。本発明（請求項 2）は、多目的最適化問題の準最適解を求める多目的最適化装置であって、制約条件に基づいてラン

ダメに初期解を生成する初期解生成手段2と、現計算ステップの解を確率的に変化させ、次の解候補を生成する解候補生成手段3と、現計算ステップの解と、解候補に対して複数の目的関数値を計算する目的関数計算手段4と、全ての目的関数値が改善される場合に、受理確率=1、それ以外の場合には1未満の受理確率を与える受理確率閾値を受理確率計算手段5と、受理確率閾値に基づいて解候補と、現計算ステップの解の交換を確率的に行う解交換手段6と、一連の操作を反復する反復手段10とを有する。

【0055】本発明（請求項3）は、多目的最適化問題の構成要素を求める多目的最適化プログラムを格納した記憶媒体であって、制約条件に基づいてランダムに初期解を生成する初期解生成プロセスと、現計算ステップの解を確率的に変化させ、次の解候補を生成する解候補生成プロセスと、現計算ステップの解と、解候補に対して複数の目的関数値を計算する目的関数計算プロセスと、全ての目的関数値が改善される場合に、受理確率=1、それ以外の場合には1未満の受理確率を与える受理確率閾値を受理確率計算プロセスと、受理確率閾値に基づいて、解候補と、現計算ステップの解の交換を確率的に行う解交換プロセスと、一連の操作を反復する反復プロセスとを有する。

【0056】上記のように、本発明では、解候補と現計算ステップの解の複数の目的関数値に対して、全ての目的関数値が改善される場合に、受理確率1、それ以外の場合には1未満の受理確率を与える受理確率閾値を備えるため、解の改善と収斂の適切な確率バランスを実現でき、短時間にハートレット最適化により近い良質な準最適解を求めることが可能となる。

【0057】

【発明の実施の形態】図3は、本発明の多目的最適化装置の構成を示す。同図に示す多目的最適化装置は、問題設定データ及び解法に必要なパラメータを入力する入力部1、ランダムに初期解を生成する初期解生成部2、初期解、あるいは途中の解に変更を加えて、次ステップの解候補を生成する解候補生成部3、現ステップの解と、解候補生成部3で生成された解候補に対して、目的関数値を計算する目的関数計算部4、目的関数計算部4で得られた目的関数値に基づき、受理確率閾値を計算する受理確率計算部5、受理確率計算部5で計算された受理確率に基づいて、受理するか棄却するかの判定を行い、受理の場合、現ステップの解を解候補で置き換える解交換部6、最終的な計算結果を出力するデータ出力部7、問題データ、解法に必要なパラメータ、及び処理途中や最終結果の解を格納するメモリ8、これら各部の動作を制御する制御部9である。

【0058】次に、上記の構成における多目的最適化装置の動作を説明する。図4は、本発明の多目的最適化装置の動作のフローチャートである。

【ステップ101】 データ入力部1に問題データ、受理確率閾値を決定するパラメータ、終了ステップ数が入力され、メモリ8に格納される。

【ステップ102】 それから、初期解生成部2が、ステップ数をn=0とし、初期解 $P_n = P_0$ を生成する。生成された初期解はメモリ8に格納される。

【0059】【ステップ103】 現ステップnの解 P_n に変更を加え、解候補

【0060】

【数20】

\bar{P}_{n+1}

【0061】の生成を行う。得られた解候補は、メモリ8に格納される。

【ステップ104】 P_n と

【0062】

【数21】

\bar{P}_{n+1}

【0063】の两者に対して、それぞれの目的関数値の計算を行う。得られた目的関数値は、メモリ8に格納される。

【ステップ105】 次に、ステップ104で計算された目的関数値に基づき、解候補

【0064】

【数22】

\bar{P}_{n+1}

【0065】に対する受理確率を計算する。計算された受理確率は、メモリ8に格納される。

【ステップ106】 ステップ105で計算された受理確率を用いて、解候補

【0066】

【数23】

\bar{P}_{n+1}

【0067】を受理するか否かを、確率的に決定する。ステップ107】 受理と決定された場合は、 P_n に代えて、

【0068】

【数24】

\bar{P}_{n+1}

【0069】をn+1ステップの解として採用し、メモリ8上に格納する。

【ステップ108】 それから、計算のステップ数が終了ステップ数に達したかどうかを判定する。達した場合にはステップ109に移行し、そうでない場合は、ステップ103に戻り、終了ステップまで繰り返す。

【ステップ109】 達した場合、メモリ8上の解を出力し、全ての処理を終了させる。

【0070】

【実施例】以下、本発明を、多目的最適化問題の例に適用して、従来技術であるところの重み係数法とメトロボリズム法が組み込まれた反復改善法の結果と比較し、その

効果を実証する。

【0071】多目的最適化問題の例として、以下で説明する要員配置問題を取り上げる。この問題は、組み合わせ多目的最適化問題の一種であり、2つの目的関数を最小化することを目的とする。

1. 要員配置問題とは、与えられた人数の要員の勤務スケジュール（勤務開始時刻、勤務終了時刻、休憩を取得する時刻）を決定する問題であって、各時間帯において勤務している要員の人数が、各時間帯ごとに予め要求

されている人数に、可能な限り過不足数が少なくなることを目的とする。

【0072】以下、より具体的な問題設定例に沿って、実証を行う。まず、

① 時間帯毎に必要な要員の人数（表1に例を示す。例では、8：00～8：15については、21人の要員が勤務することが要求されている）：

【0073】

【表1】

(表1) 時間帯ごとの要員の必要人員数の例

時間帯	8時				9時				10時			
	00	15	30	45	00	15	30	45	00	15	30	45
必要人員数	21	21	36	36	65	65	65	65	71	71	71	71
時間帯	11時				12時				13時			
	00	15	30	45	00	15	30	45	00	15	30	45
必要人員数	68	68	68	68	54	54	53	53	63	63	63	63
時間帯	14時				15時				16時			
	00	15	30	45	00	15	30	45	00	15	30	45
必要人員数	59	59	59	59	60	60	55	55	60	60	60	60
時間帯	17時				18時				19時			
	00	15	30	45	00	15	30	45	00	15	30	45
必要人員数	55	55	50	50	44	44	44	44	32	32	32	32
時間帯	20時				21時				22時			
	00	15	30	45	00	15	30	45	00	15	30	45
必要人員数	24	24	24	24	11	11	11	11	6	6	6	6

【0074】(表1)

② 許容される勤務の型【勤務開始時刻、勤務終了時刻、休憩取得回数の組】(表2に例を示す) :

【0075】

【表2】

(表2) 許容される勤務型の例

番号	勤務型	休憩回数
1	8:00~12:00	4
2	8:30~12:00	3
3	8:30~12:30	4
4	8:30~13:00	4
5	9:00~13:00	4
6	9:00~14:00	5
7	13:00~17:00	4
8	13:00~17:30	4
9	14:00~18:00	4
10	14:00~19:00	5
11	17:00~20:00	3
12	17:00~21:00	4
13	17:30~22:00	4
14	17:30~23:00	5
15	18:00~23:00	4

【0076】(表2)の2つが予め与えられている。表1に示される必要人数の時間分布を図示したものを図5に示す。同図において、 t ($= 1, 2, \dots$) は、8時から23時までの時間を、5分単位で測った時刻を表す。例えば、 $t = 2$ は、8:05~8:10の5分間を表す。図中 $n_a(t)$ が表1に示される要求人数である。また、この例では、許容人数

【0077】

【数25】

$$\bar{n}_a(t) \geq n_a(t)$$

【0078】なるものを設定する。この許容人数とは、この値以下であれば過剰とは考えない人数の上限値を意味する。定義より

【0079】

【数26】

$$\bar{n}_a(t) \geq n_a(t)$$

$$f_1(P) = \sum_{t=1}^{180} [n_a(t) - n(t)] H(n_a(t) - n(t))$$

(6)

【0083】(2) 過剰人数

【数28】

【0084】

$$f_1(P) = \sum_{t=1}^{180} [n(t) - \bar{n}_a(t)] H(n(t) - \bar{n}_a(t))$$

(7)

【0085】なお、上式で、 t に関する和が1~180まである理由は、8:00から23:00までは15時間であり、15時間=5分×180であるからであ

る。但し、 H はビサイド関数であり、次式で定義され

【0086】

【数29】

$$H(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0) \\ 1 & (x \geq 0) \end{cases} \quad (8)$$

【0087】これら2つの目的関数 f_1 , f_2 を最小化することが、本問題の目的である。

2. 員員配置問題の解法：上述した員員配置問題に対して、本発明による受理確率関数を組み込んだ反復改善法、及び、従来の技術である重み係数法とメトロボリス法の組み合わせによる受理確率関数を組み込んだ反復改善法を、それぞれ適用し、結果の比較を行う。

$$\Delta f_1 = f_1 - (\bar{f}) - f_1(P), \Delta f_2 = f_2 - (\bar{f}) - f_2(P)$$

【0092】で表すこととし、以下に、各々の手法に従った受理確率関数の具体的な構成例を記述する。

・重み係数法による受理確率：重み係数法では、受理確

$$Pr = \begin{cases} 1 & \text{if } w \Delta f_1 + (1-w) \Delta f_2 > 0 \\ \exp[-\beta(w \Delta f_1 + (1-w) \Delta f_2)] & \text{if } w \Delta f_1 + (1-w) \Delta f_2 \leq 0 \end{cases} \quad (9)$$

【0094】但し、 β は定数である。

・本発明手法による受理確率：本発明の手法によれば、受理確率は、 $\Delta f_1 \leq 0$ 且つ $\Delta f_2 \leq 0$ のときに限り、 $Pr = 1$ であるような関数でなければならない。そのよ

$$Pr = \begin{cases} 1 & \text{if } \Delta f_1 \leq 0, \Delta f_2 \leq 0 \\ \exp[-\beta_1 h_1(\Delta f_1, \Delta f_2)] & \text{if } \Delta f_1 > 0, \Delta f_2 < 0 \\ \exp[-\beta_2 h_2(\Delta f_1, \Delta f_2)] & \text{if } \Delta f_1 < 0, \Delta f_2 > 0 \\ 0 & \text{if } \Delta f_1 > 0, \Delta f_2 > 0 \end{cases}$$

(10)

【0096】但し、 β_1 、 β_2 は定数であり、関数 h_1 、 h_2 は、以下のように定義される。

$$h_1(\Delta f_1, \Delta f_2) = \frac{1}{\frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\left(\left|\frac{\Delta f_1}{\Delta f_2}\right|\right)} - \frac{1}{\frac{\pi}{2}}$$

(11)

$$h_2(\Delta f_1, \Delta f_2) = \frac{1}{\frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\left(\left|\frac{\Delta f_2}{\Delta f_1}\right|\right)} - \frac{1}{\frac{\pi}{2}}$$

(12)

【0098】式(10)による受理確率の等高線図を、図6に示す。第1象限では、 $Pr=0$ 、第2象限では Δf_1 軸から測った角度に比例して確率が減少し、 Δf_2 軸で0となる。第3象限では、 $Pr=1$ 、第4象限では、 Δf_2 軸から測った角度に比例して確率が減少し、 Δf_1 軸で0となる。以上に定義したそれぞれの受理確率関数を組み込んだ反復改善法を用いて、員員配置問題の例題の数値実験を行った。両手法とも計算終了ステップは同一にした。

【0088】両解法の処理の流れは、前述の図4のフローチャートに示した通りであり、同一である。差異は、同図のステップ105で利用する受理確率関数である。あるステップの解Pと次ステップの解候補

【0089】

【数30】

 \bar{P}

【0090】の目的関数値の差を

【0091】

【数31】

【数32】

$$\text{if } w \Delta f_1 + (1-w) \Delta f_2 > 0$$

$$\text{if } w \Delta f_1 + (1-w) \Delta f_2 \leq 0$$

【0093】

【数33】

うな条件を満たす受理確率関数として、以下のものを構成する。

【0095】

【数33】

【0097】

【数34】

【0098】

【数35】

【0099】

【数36】

【0100】

【数37】

【0101】

【数38】

【0102】

【数39】

【0103】

【数40】

【0104】

【数41】

【0105】

【数42】

【0106】

【数43】

【0107】

【数44】

【0108】

【数45】

【0109】

【数46】

【0110】

【数47】

【0111】

【数48】

【0112】

【数49】

【0113】

【数50】

【0114】

【数51】

【0115】

【数52】

【0116】

【数53】

【0117】

【数54】

【0118】

【数55】

【0119】

【数56】

【0120】

【数57】

【0121】

【数58】

【0122】

【数59】

【0123】

【数60】

【0124】

【数61】

【0125】

【数62】

【0126】

【数63】

【0127】

【数64】

【0128】

【数65】

【0129】

【数66】

【0130】

【数67】

【0131】

【数68】

【0132】

【数69】

【0133】

【数70】

【0134】

【数71】

【0135】

【数72】

【0136】

【数73】

【0137】

【数74】

【0138】

【数75】

【0139】

【数76】

【0140】

【数77】

【0141】

【数78】

【0142】

【数79】

【0143】

【数80】

【0144】

【数81】

【0145】

【数82】

【0146】

【数83】

【0147】

【数84】

【0148】

【数85】

【0149】

【数86】

【0150】

【数87】

【0151】

【数88】

【0152】

【数89】

【0153】

【数90】

【0154】

【数91】

【0155】

【数92】

【0156】

【数93】

【0157】

【数94】

【0158】

【数95】

【0159】

【数96】

【0160】

【数97】

【0161】

【数98】

【0162】

【数99】

【0163】

【数100】

【0164】

【数101】

【0165】

【数102】

【0166】

【数103】

【0167】

【数104】

【0168】

【数105】

【0169】

【数106】

【0170】

【数107】

【0171】

【数108】

【0172】

【数109】

【0173】

【数110】

【0174】

【数111】

【0175】

【数112】

【0176】

【数113】

【0177】

【数114】

【0178】

【数115】

【0179】

【数116】

【0180】

【数117】

【0181】

【数118】

【0182】

【数119】

【0183】

【数120】

【0184】

【数121】

【0185】

【数122】

【0186】

【数123】

【0187】

【数124】

【0188】

【数125】

【0189】

【数126】

【0190】

【数127】

【0191】

【数128】

【0192】

【数129】

【0193】

【数130】

【0194】

【数131】

【0195】

【数132】

【0196】

【数133】

【0197】

【数134】

【0198】

【数135】

【0199】

【数136】

【0200】

【数137】

【0201】

【数138】

【0202】

【数139】

【0203】

【数140】

【0204】

【数141】

【0205】

【数142】

【0206】

【数143】

【0207】

【数144】

【0208】

【数145】

【0209】

【数146】

【0210】

【数147】

【0211】

【数148】

【0212】

【数149】

【0213】

【数150】

【0214】

【数151】

先と同様に、 β_2 の一つのパラメータ値について、乱数を試みることにより、30回の試行を行った。図8に、30回の試行中、確率50%で発見することができた準最適なパレート解に対応する曲線を $f_1 - f_2$ 平面上に図示している。

【0101】さて、図7、図8に見方について説明する。曲線の示す f_1 と f_2 の値が共に小さい程、良質な解が高確率で発見されたことを表し、解法アルゴリズムとして優秀であることを意味する。言い換れば、曲線の位置がグラフの左下に近い位置を通る程、よい結果であると言える。図7と図8を比較すると、明らかに、図8に示された曲線の方が、 f_1 と f_2 の小さな値の点上を通っていることが分かる。この結果により、従来の手法である重み係数法による受理確率関数を組み込んだ反復改善法に比較して、本発明の手法により提案する受理確率関数を組み込んだ反復改善法の方が、より真のパレート最適解に近い良質な準最適解を求めることができることが示された。

【0102】なお、上記の説明では、図3の構成に基づいて説明したが、図3に示す多目的最適化装置の構成要素をプログラムとして構築し、多目的最適化装置として利用されるコンピュータに接続されるディスク装置や、フロッピーディスクやCD-ROM等の可搬記憶媒体に構成しておき、本発明を実施する際にインストールすることにより容易に本発明を実現できる。

【0103】なお、本発明は、上記の実施例に限定されることなく、特許請求の範囲内で種々変更・応用が可能である。

【0104】

【発明の効果】上述のように、本発明によれば、制約条件に基づいてランダムに初期解を生成し、現計算ステップの解を確率的に変化させ、次の解候補を生成し、現計算ステップの解に対して複数の目的関数値を計算し、生成された解候補に対して複数の目的関数値を計算し、全ての目的関数値が改善させる場合に、受理確率1、それ以外の場合には1未満の受理確率を与える受理確率関数を備え、上記受理確率関数に従い、解候補と現計算ステップの解の交換を確率的に行い、一連の操作を反復するので、単時間にパレート最適解により近い良質な準最適解を求めることができる。

【0105】特に、図4に示すフローチャートにおけるステップ105で、解候補と現計算ステップの解の複数の目的関数値に対して、全ての目的関数値が改善される場合に受理確率1、それ以外の場合には、1未満の受理確率を与える受理確率関数を利用するため解の改善と改悪の受理確率間の適切なバランスを実現でき、短時間にパレート最適解により近い良質な準最適解を求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を説明するための図である。

【図2】本発明の原理構成図である。

【図3】本発明の多目的最適化装置の構成図である。

【図4】本発明の多目的最適化装置の動作のフローチャートである。

【図5】本発明の一実施例の時間帯毎の必要人数、許容人数の分布を示す図である。

【図6】本発明の一実施例の式(10)による受理確率の等高線図である。

【図7】本発明の一実施例の実験による重み係数法による例題の数値実験結果である。

【図8】本発明の一実施例の例題による数値実験結果である。

【図9】多目的最適化問題におけるパレート最適解を説明するための図である。

【図10】重み係数法による受理確率の等高線の模式図である。

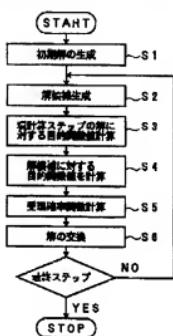
【図11】本発明の目的とする受理確率の等高線の模式図である。

【符号の説明】

- 1 データ入力部
- 2 初期解生成手段、初期解生成部
- 3 解候補生成手段、解候補生成部
- 4 目的関数計算手段、目的関数計算部
- 5 受理確率計算手段、受理確率計算部
- 6 解交換手段、解交換部
- 7 データ出力部
- 8 メモリ
- 9 制御部
- 10 反復手段

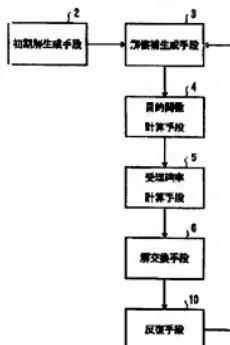
【図1】

本発明の原理を説明するための図



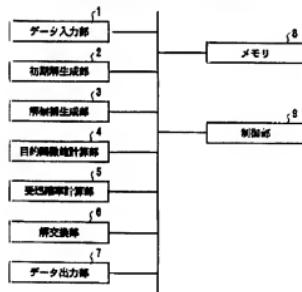
【図2】

本発明の原理構成図



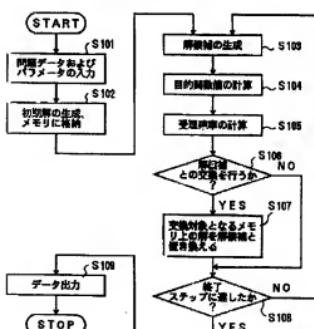
【図3】

本発明の多目的最適化装置の構成図

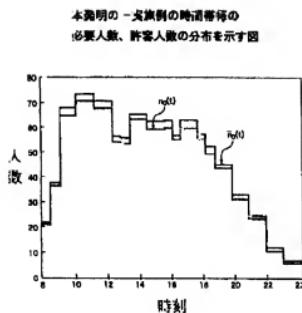


【図4】

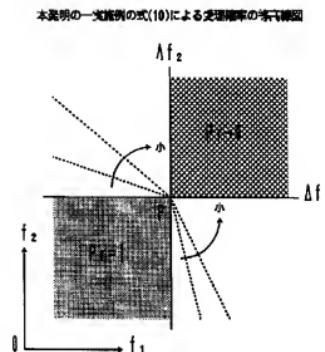
本発明の多目的最適化装置の動作のフローフォート



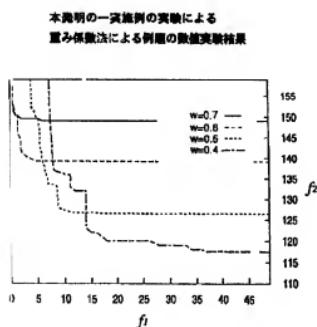
【図5】



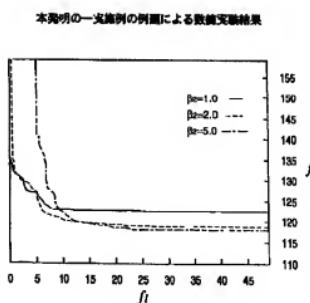
【図6】



【図7】

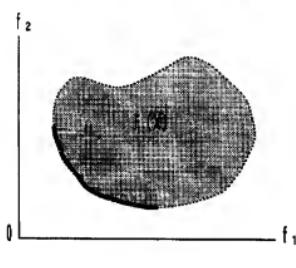


【図8】



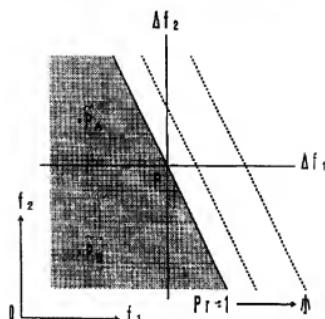
【図9】

多目的最適化問題における
パレート最適解を説明するための図



【図10】

重み係数法による妥当解の等高線の模式図



【図11】

本説明の目的とする妥当解の等高線の模式図

